

Neutrosophic Computing and Machine Learning , Vol. 3, 2018

University of New Mexico 

Evaluación de la calidad de software empleando decisión Multicriterio basado en los números de SVN

Salah Hasan Saleh[1], Héctor Lara Gavilanez[2], Juan Carlos Cedeño [3], Carlos Banguera Diaz [4], Maikel Leyva Vázquez[5]

[1] Solarplex Electrical and Electronic Company, Fahaheel Mekka St, ALAnoud Complex, Office No. G5, Kuwait, E-mail: salahcuba@hotmail.com

[2] Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Quito, Ecuador. E-mail: heclarrg@guayaquil.gob.ec

[3] Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil Ecuador. E-mail: jcedeno@edina.com.ec

[4]Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Guayaquil Ecuador. E-mail carlos.banguerad@ug.edu.ec

[5]Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Guayaquil Ecuador. Email: mleyvaz@gmail.com

Abstract. Neutrosophic sets and its application to decision support have become a topic of great importance. In this paper, a new model for decision making for software quality appraisal is presented based on single valued neutrosophic number (SVN-numbers) and the fuzzy decision map method (FDM). The proposed framework is composed of four activities, framework, criteria weighting, gathering information and rating alternatives. Software alternatives are rated based on aggregation operator and the ranking of alternatives is based on scoring and accuracy functions. The FDM method is included and allows a correct weighting of different criteria involved. Additionally the common decision resolution scheme for helping decision maker to reach a reliable decision is used giving methodological support t. A case study is developed showing the applicability of the proposal for software quality appraisal. Further works will concentrate in extending the proposal for group decision making and developing a software tool.

Keywords: Decision Analysis, SVN Numbers, analytic hierarchy process, project selection..

1. Introducción.

La lógica difusa o varios valores en la lógica se basa en la teoría de conjuntos difusos desarrollado por Zadeh [1], Para ayudar en el conocimiento de modelado de una manera más natural que la lógica tradicional. La idea básica es la noción de la relación de pertenencia que toma valores de verdad en el intervalo cerrado [0, 1][2]. Más tarde, el conjunto difuso intuicionista (IFS) en un universo fue introducido por Atanasov[3] como una generalización de conjuntos difusos. En IFS además el grado de pertenencia () de cada elemento de un conjunto A no fue considerado un grado que no pertenencia, tal que:

$$\boldsymbol{\mu_A(x) \in [0,1] \nu_A(x) \in [0,1]} \qquad \textbf{(1)}$$

$$\forall x \in X \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$$

Conjunto Neutrosophic (NS) fue introducido por F. Smarandache que incluye el grado de indeterminación (i) como componente parte independiente[4].

El análisis de decisiones es una disciplina con el objetivo de calcular una evaluación general que resume la información recopilada y proporcionar información útil sobre cada elemento evaluado[5]. En el mundo real los problemas de toma de decisiones de incertidumbre, presenta y se recomienda el uso de la información lingüística para modelar y gestionar una incertidumbre tal[6].

Los expertos se sienten más cómodos proporcionando sus conocimientos mediante el uso de términos cercanos a la forma en que utilizan los seres humanos [7] por medio de variables lingüísticas. Una variable lingüística es una variable cuyos valores son palabras o frases en un lenguaje natural o artificial[8].

Debido a la imprecisión de las evaluaciones lingüísticas se han desarrollado nuevas técnicas. Individuales conjuntos neutrosophic valorados (SVN)[9] para el manejo de información indeterminado e inconsistente es un enfoque relativamente nuevo. En este trabajo un nuevo modelo de selección de software está desarrollado en base a número neutrosophic valorado (SVN-número) solo permite el uso de variables lingüísticas[10, 11]y tomar la decisión FDM problemas. En un cierto peso propuestas similares se dan, pero se explica ningún método[12] o [13]. El proceso jerárquico analítico (AHP)[14] método tiene limitaciones debido a la falta de interrelación, represetaciòn y feddback. Además, el esquema de resolución de decisión común para ayudar a quien toma las decisiones a tomar una decisión fiable se utiliza dando apoyo metodológico sólido a la propuesta.

Este trabajo está estructurado de la siguiente manera: la sección 2 se revisan algunos conceptos preliminares acerca de los números de SVN, en un marco de análisis de decisión y método FDM para encontrar el peso atributos. En la sección 3, un marco de análisis de decisión basado en los números de SVN para la selección de proyectos. Sección 4 muestra un estudio de caso del modelo propuesto. El documento termina con conclusiones y recomendaciones adicionales de trabajo.

2. Preliminares.

En esta sección, proporcionamos una breve revisión de un esquema de decisión general, el uso de la información lingüística utilizando SVN evaluación de la calidad del software y los números de la FDM

Esquema 2.1 Decisión.

El análisis de decisiones es una disciplina con el fin de ayudar a quien toma las decisiones a tomar una decisión fiable.

Un esquema común de resolución de decisión consta de las fases siguientes [6, 15]:

- Identificar decisiones y objetivos.
- Identificar alternativas.
- Marco de referencia:
- Reuniendo información.
- alternativas de calificación.
- La elección de las alternativas / s:
- El análisis de sensibilidad
- Toma una decision

Dentro del marco fase, se definen las estructuras y elementos del problema de decisión. Los expertos proporciona información, de acuerdo con el marco definido.

La información recopilada proporcionada por los expertos se agrega a continuación, en la fase de calificación para obtener un valor colectivo de alternativas. En la fase de clasificación, es necesario llevar a cabo un proceso de resolución para calcular las evaluaciones colectivas para el conjunto de alternativas, usando operadores de agregación [16]. Operador de agregación son importantes en la toma de decisiones. operador de agregación,ℂ[17], Son función con el siguiente formulario ::

$$\mathbb{C}: \mathrm{N}^{\mathrm{n}} \rightarrow \mathrm{N} \qquad (2)$$

Algunos ejemplos de los operadores son la Bonferroni significa que es un operador muy útil agregación, y puede tener en cuenta las correlaciones entre los argumentos agregados[18-20], El operador geométrico ponderado[21, 22], El Heronian significa para considerar las interrelaciones entre los parámetros [23, 24] y el operador de agregación Heronian poder [25] entre otros.

Evaluación de la calidad del software es un problema de decisión multicriterio [14]. Este hecho hace que el proceso adecuado para el análisis de decisiones modelo de esquema.

2.2 Números SVN

La neutrosofía es la teoría matemática para hacer frente a la indeterminación desarrollada por Florentín Smarandache [26]. Ha sido la base para el desarrollo de nuevos métodos para manejar la información indeterminado e inconsistente en problemas de toma de decisiones[27, 28] .

El valor de verdad en conjunto neutrosophic es el siguiente [29]:

Dejar ser un conjunto definido como: una valoración neutrosophic n es un mapeo del conjunto de fórmulas proposicionales a, es decir, para cada frase que tenemos p. $NN = \{(T, I, F) : T, I, F \subseteq [0, 1]\} Nv$ (p) $= (T, I, F)$

Único conjunto neutrosophic valorado (SVN) [9]fue desarrollado con el objetivo de facilitar las aplicaciones del mundo real de conjunto neutrosophic y operadores de teoría de conjuntos. Un conjunto neutrosophic de valor único se ha propuesto como una generalización de conjuntos nítidas y conjuntos difusos, y los conjuntos borrosos intuicionistas con el fin de tratar con información incompleta[10].

Un único conjunto neutrosophic valorado (SVN) se define como sigue (Definición 1) [9]:

Definición 1: Sea X ser un universo de discurso. Un conjunto de valor único A sobre X es un objeto que tiene la forma de:

$$A = \{<x, (x), (x), (x)>: x \in X\} \qquad (3)$$

dónde $u_A(x): X \rightarrow [0,1]$, $r_A(x), : X \rightarrow [0,1]$ y $v_A(x): X \rightarrow [0,1]$ con $0 \leq u_A(x) + r_A(x) + v_A(x): \leq 3$ $x \in X$. Los intervalo $u_A(x)$, $r_A(x)$ y $v_A(x)$ denotan el grado de pertenencia verdad, el grado indeterminación-adhesión y el grado de pertenencia falsedad de a respectivamente.

Un número neutrosóficio de valor único (número SVN por sus siglas en inglés) se denotan por $a,, \in [0,1]$, donde $a+b+c \leq 3$.

Las alternativas se clasifican de acuerdo con frecuencia distancia euclídea en SVN [30-32].

Definición 2: Sea $A^* = (A_1^*, A_2^*, \ldots, A_n^*)$ un vector de números SVN tal que, $A_j{}^* = (a_j^*, b_j^*, c_j^*)$ j=(1,2, … , n) y $B_i = (B_{i1}, B_{i2}, \ldots, B_{im})$ (i = 1,2, … , m. A continuación, la medida de separación A y B se define como:

$$s_i = \left(\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{n}\left\{\left(\left|a_{ij} - a_j^*\right|\right)^2 + \left(\left|b_{ij} - b_j^*\right|\right)^2 + \left(\left|c_{ij} - c_j^*\right|\right)^2\right\}\right)^{\frac{1}{2}} (4)$$

(i = 1,2, … , m)

Algunas medidas de similitud vector híbrido y medidas de similitud vector híbrido ponderadas para ambos conjuntos neutrosophic solo valor y el intervalo se pueden encontrar en[33].

En los problemas del mundo real, a veces podemos usar términos lingüísticos, tales como 'bueno', 'malo' para describir el estado o el funcionamiento de una alternativa y no podemos utilizar algunos números para expresar alguna información cualitativa[34].

El modelo lingüístico 2-tupla podría utilizarse[35] para obtener información cualitativa, pero la falta indeterminación. En este trabajo el concepto de variables lingüísticas[36] se utiliza por medio de números de neutrosophic solo valor [31]para el desarrollo de un marco de apoyo a la decisión debido al hecho de que proporciona modelos computacionales adecuados para ocuparse de la información lingüística[36] en la decisión que permita incluir el manejo de indeterminado e inconsistente en la evaluación de la calidad del software.

2.3 Método FDM

Mapa decisión difusa (FDM) se propuso en 2006 para resolver el problema de toma de decisión multicriterio teniendo en cuenta la dependencia y la retroalimentación[37, 38]. Para superar la deficiencia en los métodos AHP y ANP. FDM incorpora el método de valor propio, FCM, y la ecuación de ponderación[39].

Las ventajas de FDM[39, 40]superar los inconvenientes de los AHP y ANP, empleando las diferentes funciones de umbral para indicar los diversos tipos de relación entre los criterios. La capacidad para resolver tanto el compuesto como los efectos de interacción y tratar con influencias directas e indirectas son otra área de ventaja.

En FDM elmapa cognitivo difuso (FCM) se utilizan indican la influencia entre los criterios [38]. Criterios para la evaluación de la calidad en el software son interdependientes y mapas cognitivos difusos es una opción adecuada para el modelado de interdependencia[41].

2. Marco Propuesto.

Nuestro objetivo es desarrollar un marco para la selección de proyectos en base a los números de SVN y método FDM.

El modelo consta de las siguientes fases (fig. 2).

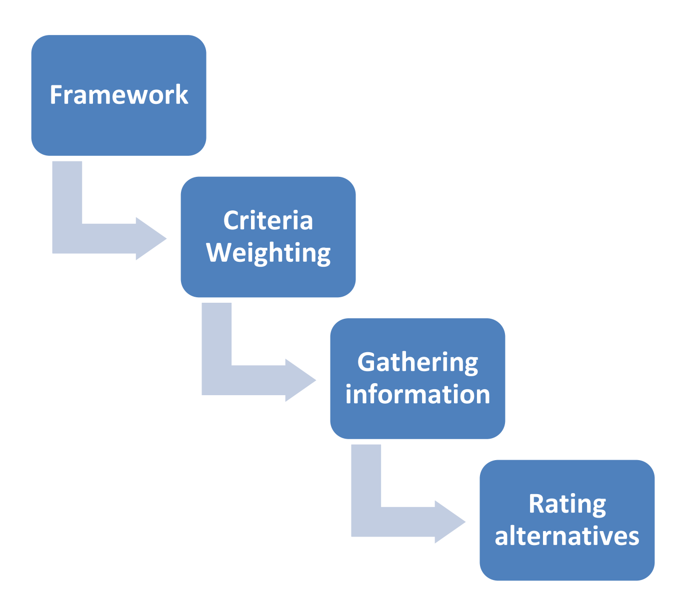


Figura 2: Un marco para la selección de proyectos.

El marco propuesto se compone de cuatro actividades:

- Marco de referencia.
- Criterios de ponderación.
- Reuniendo información.
- Alternativas de calificación.

Después, el método de decisión propuesto se describe con más detalle, que muestra el funcionamiento de cada fase.

Marco de referencia

En esta fase, el marco de evaluación, se define el problema de decisión de selección de proyectos. El marco se establece Ace como sigue:

- C = $\{c_1, c, \ldots, c_n\}$ con, un conjunto de criterios.$c_1, c_2, \ldots, c_n n \geq 2$
- E = $\{e_1, e_2, \ldots, e_k\}$ con un conjunto de expertos.$e_1, e_2, \ldots, e_k\ k \geq 2$
- $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_m\}$ con, un conjunto finito de alternativas. $m \geq 2$

Criterios y los expertos podrían agruparse. El conjunto de expertos proporcionará las evaluaciones del problema de decisión.

Criterios Ponderación.

La importancia entre los nodos se compara para derivar el vector de ponderación local utilizando el enfoque de valor propio [39]. Esto se debe hacer por los expertos de dominio de acuerdo con la escala de preferencia como se muestra en la tabla 1.

***Mesa** 1. Escala para la relación entre los criterios*

Descripción	**Valor numérico**
Igual importancia	1
Importancia moderada	2
Importancia fuertes	3
Muy fuerte importancia	4
Importancia extrema	5

Se desarrolló un mapa cognitivo difuso para indicar la influencia entre los criterios por el experto. interdependencias causales son modelados de esta manera. Esta etapa consiste en la formación de FCM de subfactores, como nodos según los expertos.

La obtención de la matriz de estado estacionario.

El cálculo de la ecuación de actualización para obtener la matriz de estado estacionario es la siguiente:

$$C^{(t+1)} = f\left(C^{(t)} \cdot E\right), C^0 = I_{n\times n} \qquad (1)$$

Donde $I_{n\times n}$ denota la matriz de identidad, $E = [W_{ij}]$ es una matris de $n \times n$, que reúne los valores de peso entre conceptos Ci y Cj, C (t + 1) y C (t) son las matrices de estado en iteraciones (t + 1) y (t), respectivamente, C (0) es la matriz inicial, y f es la función de transformación de umbral.

Derivando el vector de pesos mundial.

Debemos normalizar primero el vector de peso local (V) y la matriz de estado estacionario (M) como sigue:

$$V_n = \frac{1}{k}V,\ M_n = \frac{1}{c}M \qquad (2)$$

Donde k es el elemento más grande de V y c es la mayor suma de la fila . Entonces, el vector de peso global de (W) puede ser calculada como sigue:

$$W = V_n + V_n M_n \quad (3)$$

Donde V_n es la normalización del vector de peso local, y M_n es la normalización de la matriz de estado estacionario. Por último, se normaliza el peso global de W.

Reunir información.

En esta fase, cada experto e_k, proporciona las evaluaciones por medio de vectores de evaluación:

$$U^K = (v_{ij}^k, i = 1,..,n,\ j = 1,..,m) \quad (9)$$

La evaluación v_{ij}^k, proporcionada por cada experto e_k, para cada criterio c_i de cada alternativa $x_j$de proyecto, se expresa utilizando los números de SVN.

Dado que los humanos pueden sentirse más cómodo utilizando palabras por medio de etiquetas o términos lingüísticos para articular sus preferencias, las calificaciones de cada alternativa con respecto a cada atributo se dan como variables lingüísticas caracterizadas por SVN-números en el proceso de evaluación.

Granularidad de las evaluaciones lingüísticas podría variar en función de la incertidumbre y la naturaleza de los criterios, así como los antecedentes de cada experto.

Evaluar alternativas.

El objetivo de esta fase es obtener una evaluación global para cada alternativa. Teniendo en cuenta la fase anterior, una evaluación para cada alternativa se calcula, mediante el proceso de resolución seleccionada que permite gestionar la información expresada en el marco de la toma.

Los operadores de agregación de selección son incluidos, con el fin de obtener una evaluación global para cada alternativa que resume la información recopilada.

En este caso alternativas se clasifican de acuerdo el único operador de agregación valioso neutrosophic ponderado promedio geométrico G_w[42] :

$$G_w(A_1, A_2, \dots, A_n) = \langle \prod_{j=1}^{n} T_{A_j}(x)^{w_j}, \prod_{j=1}^{n} I_{A_j}(x)^{w_j}, \prod_{j=1}^{n} I_{A_j}(x)^{\ w_j} \ \rangle$$

(11)

Donde es el vector de espera de, y.$W = (w_1, w_1, \dots, w_n) A_j (j = 1, 2, \dots, n) w_n \in \ [0,1]\ \sum_j^n w_j = 1$

Los pesos (W) en ambos casos se obtienen por el método FDM en la fase 2.

En esta fase de las alternativas se clasificó y la más deseable es elegido por la función de puntuación[43, 44]. Según las funciones de puntuación y precisión para SVN-conjuntos, un orden de clasificación del conjunto de las alternativas se puede generar[45]. Al seleccionar la opción (s) con las puntuaciones más altas.

Para alternativas de pedidos se utiliza una función de puntuación [46]:

$$s(V_j) = 2 + T_j - F_j - I_j \quad (12)$$

Además una función de la precisión se define 31]:

$$a(V_j) = T_j - F_j \quad (13)$$

Y entonces:

3. Si a continuación, es más pequeño que, denotada por $s(Vj\ ) < s(Vi), VjViVj < Vi$
4. Si $s(Vj\ ) = s(Vi)$
   a. Si a continuación, es más pequeño que, denotada por $a(Vj\ ) < a(Vi), VjViVj < Vi$

b. Si a continuación, y son los mismos, denotada por $a(Vj\ ) = a(Vi), VjViVj = Vi$

De acuerdo con el método de clasificación función de puntuación de SVN-sets, el orden de clasificación del conjunto de alternativas del proyecto se puede generar y la mejor alternativa se puede determinar.

4. Ejemplo Ilustrativo.

En esta sección, se presenta un ejemplo ilustrativo con el fin de demostrar la aplicabilidad de los criterios de las directrices propuestas para la evaluación de software se establecen

4 criterios están involucrados, que se muestran a continuación:

c1: Fiabilidad

c2: Funcionalidad

c3: Competitividad

c4: Costo

c5: Seguridad

En la Tabla 2, le damos al conjunto de términos lingüísticos usados [47]por los expertos para proporcionar las evaluaciones.

TABLE II. TÉRMINOS LINGÜÍSTICOS USADOS PARA PROPORCIONAR LAS EVALUACIONES [31]

términos lingüísticos	**SVNSs**
Muy bueno (EG)	(1,0,0)
Muy muy bueno (VVG)	(0.9, 0.1, 0.1)
Muy bueno (VG)	(0.8,0,15,0.20)
Buen(G)	(0.70,0.25,0.30)
buen medio (MG)	(0.60,0.35,0.40)
Medio (M)	(0.50,0.50,0.50)
mal medio (MB)	(0.40,0.65,0.60)
Mala B)	(0.30,0.75,0.70)
Muy mala (VB)	(0.20,0.85,0.80)
Muy muy malo (VVB)	(0.10,0.90,0.90)
Muy mala (EB)	(0,1,1)

Una vez que el marco de evaluación se ha determinado la información sobre los proyectos se recoge (véase la Tabla 3).

TABLE III. EL RESULTADO DE LA RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

	x1
C1	MG
C2	G
C3	MG
C4	VG
C5	MG

Para la elección de la mejor alternativa, debemos derivar los puntajes de influencia de cada criterio y calcular las puntuaciones de influencia de cada factor.

La matriz de puntuación (E) se obtuvo como sigue:

```
[1.   1.   1.   2.   0.5 ]
[1.   1.   3.   0.5  2.  ]
[1.   0.33 1.   4.   0.5 ]
[0.5  2.   0.25 1.   2.  ]
[2.   0.5  2.   0.5  1.  ].
```

Desde la matriz anterior, podemos calcular los pesos locales por medio del método de valor propio (Tabla 2).

***Tabla 2.** Pesos locales*

	Pesos locales
P1	0,215
P2	0,300
E1	0,243
E2	0,250
S1	0,243

Se identifican las interdependencias entre los nodos y modeladas por medio de un FCM. utilizando la herramienta Modeler Mental[48].

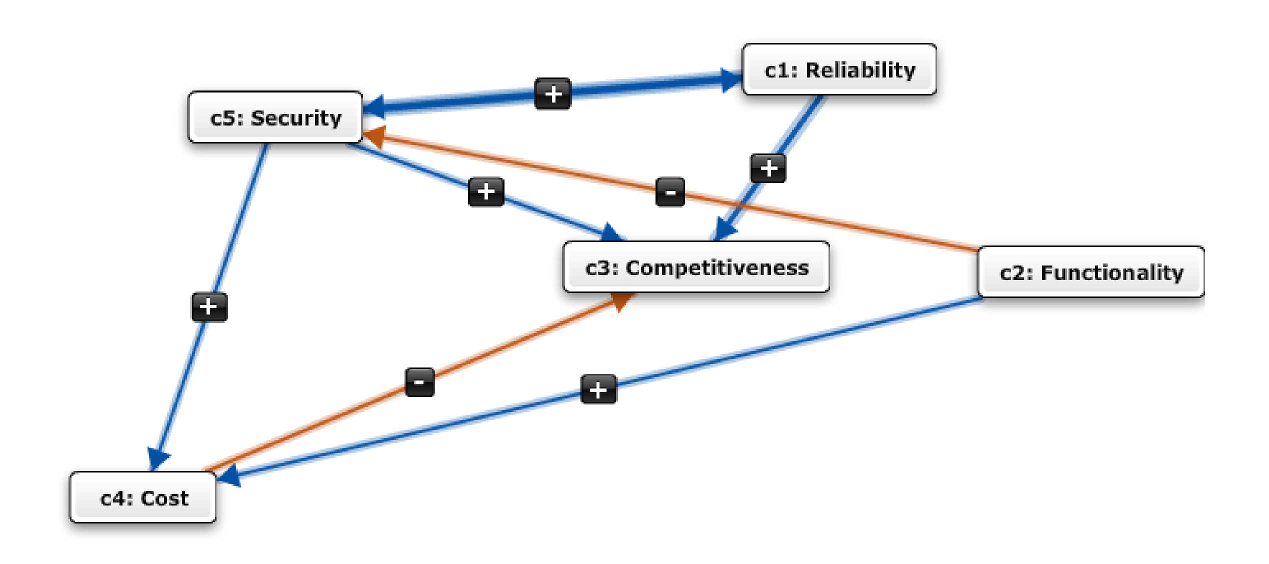


Figura 4. Mapa cognitivo difuso

Matriz de adyacencia de la FCM se muestra en la Figura 5.

```
[ 0.   0.   0.7  0.   0.7]
[ 0.   0.   0.   0.2 -0.2]
[ 0.   0.   0.   0.   0. ]
[ 0.   0.  -0.4  0.   0. ]
[ 0.6  0.   0.3  0.3  0. ]
```

Figura 5. matriz Adyacencia

El uso de la la convinacion lineal de las matrices de estado es TABLA. Por último, el uso de la ecuación. (3), podemos obtener los pesos globales como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. pesos globales

	Pesos locales
P1	0,278
P2	0,155
E1	0,150
E2	0,137
S1	0,279

Como alternativas de calificación se desarrolla un proceso de agregación inicial. A continuación, se construye la matriz agregada decisión SVN obtenido mediante la agregación de las opiniones de los tomadores de decisiones. El resultado se da en la Tabla V.

Tabla 4. Agragación de la información

	agregación	Función de puntuación
x1	(0.584, 0.145, 0.259)	2.18

5. Conclusiones.

Recientemente, los conjuntos neutrosóficos y su aplicación a la toma de decisiones de atributos múltiples se han convertido en un tema de gran importancia para los investigadores y profesionales. En este trabajo un nuevo proceso de evaluación de la calidad del software basado en SVN-serie aplicada permite el uso de variables lingüísticas. El método FDM está incluido y permite una ponderación correcta de los diferentes criterios que intervienen.

Para demostrar la aplicabilidad de la propuesta mediante un ejemplo ilustrativo. Nuestro enfoque tiene muchas evaluación de calidad de las aplicaciones que incluyen la indeterminación y la ponderación de los criterios.

Otros trabajos se concentrarán en extender el mòdelo para tratar la información heterogénea. Otra área de trabajo futuro es el desarrollo de nuevos modelos de agregación.

Referecnias

1. Lofti, Z., *Fuzzy sets.* Journal of Information and Control, 1965. **8**(3): p. 338-353.
2. Klir, G. and B. Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic*. Vol. 4. 1995: Prentice hall New Jersey.
3. Atanassov, K.T., *Intuitionistic fuzzy sets.* Fuzzy sets and Systems, 1986. **20**(1): p. 87-96.
4. Smarandache, F., *Neutrosophy: neutrosophic probability, set, and logic: analytic synthesis & synthetic analysis.* 1998.
5. Espinilla, M., et al., *A comparative study of heterogeneous decision analysis approaches applied to sustainable energy evaluation.* International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 2012. **20**(supp01): p. 159-174.
6. Estrella, F.J., et al., *FLINTSTONES: A fuzzy linguistic decision tools enhancement suite based on the 2-tuple linguistic model and extensions.* Information Sciences, 2014. **280**: p. 152-170.
7. Rodríguez, R.M. and L. Martínez, *An analysis of symbolic linguistic computing models in decision making.* International Journal of General Systems, 2013. **42**(1): p. 121-136.
8. Zadeh, L.A., *The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning—I.* Information sciences, 1975. **8**(3): p. 199-249.
9. Wang, H., et al., *Single valued neutrosophic sets.* Review of the Air Force Academy, 2010(1): p. 10.
10. Biswas, P., S. Pramanik, and B.C. Giri, *TOPSIS method for multi-attribute group decision-making under single-valued neutrosophic environment.* Neural computing and Applications, 2016. **27**(3): p. 727-737.
11. Cabezas, R., J.G. Ruizº, and M. Leyva, *A Knowledge-based Recommendation Framework using SVN.* Neutrosophic Sets and Systems, vol. 16/2017: An International Book Series in Information Science and Engineering: p. 24.
12. Dalapati, S., et al., *IN-cross Entropy Based MAGDM Strategy under Interval Neutrosophic Set Environment.* Neutrosophic Sets & Systems, 2017. **18**.
13. Pramanik, S., et al., *NS-cross entropy-based MAGDM under single-valued neutrosophic set environment.* Information, 2018. **9**(2): p. 37.
14. Saaty, T.L., *The analytical hierarchical process.* J Wiley, New York, 1980.
15. Clemen, R.T., *Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis*. 1996: Duxbury Press.
16. Calvo, T., et al., *Aggregation operators: properties, classes and construction methods*, in *Aggregation Operators*. 2002, Springer. p. 3-104.
17. Torra, V. and Y. Narukawa, *Modeling decisions: information fusion and aggregation operators*. 2007: Springer.
18. Liu, P., et al., *Multi-valued neutrosophic number Bonferroni mean operators with their applications in multiple attribute group decision making.* International Journal of Information Technology & Decision Making, 2016. **15**(05): p. 1181-1210.

19. Liu, P., J. Liu, and S.-M. Chen, *Some intuitionistic fuzzy Dombi Bonferroni mean operators and their application to multi-attribute group decision making.* Journal of the Operational Research Society, 2018. **69**(1): p. 1-24.
20. Liu, P., S. Chen, and J. Liu, *Some intuitionistic fuzzy interaction partitioned Bonferroni mean operators and their application to multi-attribute group decision making.* Inf. Sci, 2017. **411**: p. 98-121.
21. Liu, P. and P. Wang, *Some q‐Rung Orthopair Fuzzy Aggregation Operators and their Applications to Multiple‐Attribute Decision Making.* International Journal of Intelligent Systems, 2018. **33**(2): p. 259-280.
22. Biswas, P., S. Pramanik, and B.C. Giri, *Aggregation of triangular fuzzy neutrosophic set information and its application to multi-attribute decision making.* Neutrosophic sets and systems, 2016. **12**(unknown): p. 20-40.
23. Liu, P., J. Liu, and J.M. Merigó, *Partitioned Heronian means based on linguistic intuitionistic fuzzy numbers for dealing with multi-attribute group decision making.* Applied Soft Computing, 2018. **62**: p. 395-422.
24. Liu, P. and S.-M. Chen, *Group decision making based on Heronian aggregation operators of intuitionistic fuzzy numbers.* IEEE transactions on cybernetics, 2017. **47**(9): p. 2514-2530.
25. Liu, P., *Multiple attribute group decision making method based on interval-valued intuitionistic fuzzy power Heronian aggregation operators.* Computers & Industrial Engineering, 2017. **108**: p. 199-212.
26. Smarandache, F., *A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic.* Philosophy, 1999: p. 1-141.
27. Smarandache, F., *A Unifying Field in Logics: Neutrosophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability: Neutrsophic Logic. Neutrosophy, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability*. 2005: Infinite Study.
28. Vera, M., et al., *Las habilidades del marketing como determinantes que sustentaran la competitividad de la Industria del arroz en el cantón Yaguachi. Aplicación de los números SVN a la priorización de estrategias.* Neutrosophic Sets & Systems, 2016. **13**.
29. Rivieccio, U., *Neutrosophic logics: Prospects and problems.* Fuzzy sets and systems, 2008. **159**(14): p. 1860-1868.
30. Ye, J., *Single-valued neutrosophic minimum spanning tree and its clustering method.* Journal of intelligent Systems, 2014. **23**(3): p. 311-324.
31. Şahin, R. and M. Yiğider, *A Multi-criteria neutrosophic group decision making metod based TOPSIS for supplier selection.* arXiv preprint arXiv:1412.5077, 2014.
32. Henríquez Antepara, E.J., et al., *Competencies evaluation based on single valued neutrosophic numbers and decision analysis schema.* Neutrosophic Sets & Systems, 2017.
33. Pramanik, S., P. Biswas, and B.C. Giri, *Hybrid vector similarity measures and their applications to multi-attribute decision making under neutrosophic environment.* Neural computing and Applications, 2017. **28**(5): p. 1163-1176.
34. Liu, P. and L. Shi, *Some neutrosophic uncertain linguistic number Heronian mean operators and their application to multi-attribute group decision making.* Neural Computing and Applications, 2017. **28**(5): p. 1079-1093.
35. Liu, P. and S.-M. Chen, *Multiattribute group decision making based on intuitionistic 2-tuple linguistic information.* Information Sciences, 2018. **430**: p. 599-619.
36. Leyva-Vázquez, M., et al. *The Extended Hierarchical Linguistic Model in Fuzzy Cognitive Maps*. in *Technologies and Innovation: Second International Conference, CITI 2016, Guayaquil, Ecuador, November 23-25, 2016, Proceedings 2*. 2016. Springer.
37. Yu, R. and G.-H. Tzeng, *A soft computing method for multi-criteria decision making with dependence and feedback.* Applied Mathematics and Computation, 2006. **180**(1): p. 63-75.
38. LEYVA, M., et al., *A framework for PEST analysis based on fuzzy decision maps.* Revista ESPACIOS, 2018. **39**(16).

39. Elomda, B.M., H.A. Hefny, and H.A. Hassan, *An extension of fuzzy decision maps for multi-criteria decision-making.* Egyptian Informatics Journal, 2013. **14**(2): p. 147-155.
40. Tzeng, G.-H., et al., *Fuzzy decision maps: a generalization of the DEMATEL methods.* Soft Computing, 2010. **14**(11): p. 1141-1150.
41. Betancourt-Vázquez, A., K. Pérez-Teruel, and M. Leyva-Vázquez, *Modeling and analyzing non-functional requirements interdependencies with neutrosofic logic.* Neutrosophic Sets and Systems, 2015: p. 44.
42. Ye, J., *A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets.* Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2014. **26**(5): p. 2459-2466.
43. Liu, P. and H. Li, *Multiple attribute decision-making method based on some normal neutrosophic Bonferroni mean operators.* Neural Computing and Applications, 2017. **28**(1): p. 179-194.
44. Biswas, P., S. Pramanik, and B.C. Giri, *Value and ambiguity index based ranking method of single-valued trapezoidal neutrosophic numbers and its application to multi-attribute decision making.* Neutrosophic Sets and Systems, 2016. **12**(unknown): p. 127-137.
45. Liu, P. and F. Teng, *Multiple attribute decision making method based on normal neutrosophic generalized weighted power averaging operator.* International Journal of Machine Learning and Cybernetics, 2018. **9**(2): p. 281-293.
46. Deli, I., *Linear weighted averaging method on SVN-sets and its sensitivity analysis based on multi-attribute decision making problems.* 2015.
47. Leyva-Vázquez, M., et al. *The Extended Hierarchical Linguistic Model in Fuzzy Cognitive Maps*. in *International Conference on Technologies and Innovation*. 2016. Springer.
48. Gray, S.A., et al. *Mental modeler: a fuzzy-logic cognitive mapping modeling tool for adaptive environmental management*. in *System sciences (hicss), 2013 46th Hawaii international conference on*. 2013. IEEE.